

1AP20 Rec'd PCT/PTO 10 MAY 2006

1

## Beschreibung

## Strahlungsdetektierendes optoelektronisches Bauelement

- 5 Die Erfindung betrifft ein optoelektronisches Bauelement nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Bauelements sowie eine Verwendung einer Zonenplatte in einem derartigen Bauelement.
- 10 Die Empfindlichkeit strahlungsdetektierender Halbleiterbauelemente kann dadurch verbessert werden, dass die zu detektierende Strahlung in die lichtempfindlichen Bereiche fokussiert wird. Beispielsweise sind aus der US 6,221,687 und der US 6,362,498 Bildsensoren bekannt, die integrierte Arrays aus
- 15 Mikrolinsen enthalten, die zur Fokussierung der empfangenen Strahlung auf eine Photodiode dienen. Bei den in diesen Dokumenten beschriebenen Bildsensoren werden zur Realisierung einer Empfindlichkeit für verschiedene Wellenlängen bzw. Farben Farbfilter verwendet. Ein ähnliches Bauelement ist auch aus
- 20 der US 2002/0197763 A1 bekannt.

- Andere Ausführungen farbempfindlicher strahlungsdetektierender Halbleiterbauelemente sind aus der US 5,965,875 und der US 2003/0038296 A1 bekannt. Bei diesen Bauelementen enthält
- 25 der Halbleiterkörper mehrere strahlungsempfindliche p-n-Übergänge, die vertikal übereinander angeordnet sind. Die Farbempfindlichkeit beruht dabei darauf, dass kurzwellige Photonen aufgrund der stärkeren Absorption im Halbleiter bevorzugt in den oberen Bereichen des Halbleiterkörpers absorbiert werden und Photonen mit größerer Wellenlänge bevorzugt
- 30 in den tieferliegenden Bereichen des Halbleiterkörpers absorbiert werden.

- Bei den zuvor beschriebenen strahlungsdetektierenden Bauelementen erfolgt die Fokussierung der Strahlung mit refraktiven
- 35 optischen Elementen, die wesentlich größer als die Wellenlänge der Strahlung sind.

BEST AVAILABLE COPY

P2003,0796 WO A

2

Zur Fokussierung und/oder Umlenkung von Licht sind auf dem Prinzip der Lichtbeugung beruhende diffraktive Elemente bekannt, die Strukturen in der Größenordnung der Lichtwellenlänge aufweisen. Ein fokussierendes diffraktives Element ist zum Beispiel eine Zonenplatte. Zonenplatten werden insbesondere im Bereich der Röntgenstrahlung zur Fokussierung von Strahlung verwendet, wo der Einsatz von Linsen aufgrund der geringen Brechungsindexunterschiede zwischen verschiedenen Materialien und der starken Absorption nicht sinnvoll ist, beispielsweise in einem aus der DE 364257 A1 bekannten Röntgenmikroskop.

Zonenplatten bestehen aus Strukturen konzentrischer Ringe, wobei die Breite der Ringe nach außen hin abnimmt. Bei der Berechnung solcher Zonenplatten ist zwischen der Verwendung im Bereich der Nahfeld-Beugung (Fresnel-Beugung) und der Fernfeld-Beugung (Fraunhofer-Beugung) zu unterscheiden.

Die Berechnung Fresnelscher Zonenplatten ist beispielsweise aus E. Hecht, „Optik“, Addison-Wesley (1989), bekannt. Weiterhin wird zwischen Amplituden- und Phasenzonenplatten unterschieden. Während bei Amplitudenzonenplatten die Strahlung jeder zweiten Fresnelschen Zone durch ein absorbierendes Material ausgeblendet wird, wird bei einer Phasenzonenplatte zwischen zwei benachbarten Zonen ein Gangunterschied dadurch erzeugt, dass sich die Materialien der Zonen in ihrem Brechungsindex und/oder ihrer Dicke unterscheiden. Bei beiden Ausführungsformen der Zonenplatten tritt jeweils im Fokus, dessen Position von der Wellenlänge der einfallenden Strahlung abhängt, konstruktive Interferenz auf.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes strahlungsdetektierendes optoelektronisches Bauelement anzugeben, das sich insbesondere durch eine verbesserte Empfindlichkeit und die Möglichkeit zur wellenlängenselektiven Strahlungsdetektion auszeichnet. Weiterhin soll ein Herstel-

P2003,0796 WO N

## 3

lungsverfahren für ein derartiges optoelektronisches Bauelement angegeben werden.

5 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein optoelektronisches Bauelement nach Patentanspruch 1, ein Verfahren nach Patentanspruch 16 oder eine Verwendung nach Patentanspruch 17 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

10 Bei einem optoelektronischen Bauelement mit einem Halbleiterchip, der mindestens eine strahlungsempfindliche Zone zur Detektion elektromagnetischer Strahlung aufweist, und mit einem optischen Element zur Fokussierung der elektromagnetischen Strahlung in die strahlungsempfindliche Zone, ist das optische Element ein diffraktives optisches Element.

Ein Vorteil der Fokussierung der elektromagnetischen Strahlung in die strahlungsempfindlichen Bereiche durch ein diffraktives Element besteht darin, dass die Strukturen des diffraktiven Elements, die in der Größenordnung der Wellenlänge der elektromagnetischen Strahlung liegen, durch einen bei der Herstellung von Halbleiterchips üblichen photolithographischen Prozeß hergestellt werden können. Insbesondere können die bei integrierten Schaltkreisen, beispielsweise in CMOS-Technologie, bereits vorhandenen metallischen und/oder dielektrischen Schichten zur Herstellung des diffraktiven Elements verwendet werden.

30 Im Vergleich zu refraktiven optischen Elementen ist es besonders vorteilhaft, dass ein diffraktives optisches Element als ebene Struktur in der Ebene des Halbleiterchips ausgebildet werden kann. Beispielsweise entfällt dadurch im Vergleich zur Herstellung von Mikrolinsen die technisch vergleichsweise aufwendige Herstellung konvexer Strukturen in der Richtung der einfallenden Strahlung, die senkrecht und/oder schräg zur Ebene des Halbleiterchips verläuft.

P2003,0796 WO N

## 4

Die zu detektierende Strahlung kann beispielsweise eine Wellenlänge zwischen etwa 100 nm im ultravioletten Spektralbereich und etwa 5 µm im infraroten Spektralbereich aufweisen. Insbesondere kann es sich bei der zu detektierenden Strahlung um Licht aus dem sichtbaren Spektralbereich von etwa 400 nm bis 800 nm handeln.

Der Abstand zwischen dem diffraktiven Element und einer strahlungsempfindlichen Zone des Halbleiterchips beträgt vorzugsweise weniger als 20 µm.

Das diffraktive Element ist insbesondere eine Zonenplatte. Bevorzugt gilt für die Fresnel-Zahl  $F$  der Zonenplatte

$$F = \frac{D^2}{\lambda R} > 1,$$

wobei  $D$  der Durchmesser der Zonenplatte ist und  $R$  der Abstand zwischen der Zonenplatte und der strahlungsempfindlichen Zone, in der Strahlung mit der Wellenlänge  $\lambda$  detektiert wird. Die strahlungsempfindliche Zone liegt dabei im Nahfeld der Zonenplatte, bei der es sich also um eine Fresnel-Zonenplatte handelt.

Der Halbleiterchip kann sowohl eine als auch mehrere strahlungsempfindliche Zonen aufweisen. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die chromatische Aberration einer Zonenplatte dazu ausgenutzt wird, eine Farbempfindlichkeit des strahlungsdetektierenden Bauelements herzustellen. Vorzugsweise sind dazu in der Richtung der einfallenden Strahlung mehrere strahlungsempfindliche Zonen hintereinander angeordnet, wobei die strahlungsempfindlichen Zonen für kürzere Wellenlängen denen für längere Wellenlängen nachgeordnet sind. Mit der Zonenplatte wird so gleichzeitig eine Fokussierung der Strahlung als auch eine Wellenlängenselektion erreicht. Beispielsweise können drei strahlungsempfindliche Zonen für die Primärfarben

P2003,0796 WO N

## 5

Rot, Grün und Blau in den verschiedenen Fokalebene für die jeweilige Farbe angeordnet sein.

Die Zonenplatte ist beispielsweise eine Amplituden-Zonenplatte, bei der die Zonen abwechselnd aus einem transparenten und einem absorbierenden Material bestehen. Das absorbierende Material ist z.B. ein Metall.

Vorzugsweise ist die Zonenplatte eine binäre Phasen-Zonenplatte. Die Zonen bestehen dabei abwechselnd aus jeweils einem von zwei transparenten Materialien. Beispielsweise kann es sich bei diesen Materialien um ein Siliziumoxid oder um ein Siliziumnitrid handeln. Da bei der Phasen-Zonenplatte im Gegensatz zur Amplituden-Zonenplatte nicht die Hälfte aller Zonen durch Absorption ausgeblendet wird, ist die Strahlungsamplitude im Fokus einer Phasen-Zonenplatte um etwa einen Faktor 2 größer, also die Intensität um etwa einen Faktor 4 größer als bei einer Amplituden-Zonenplatte.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit den Figuren 1 und 2 näher erläutert.

Es zeigen

25

Figur 1 einen schematisch dargestellten Querschnitt durch ein Ausführungsbeispiel eines optoelektronischen Bauelements gemäß der Erfindung und

Figur 2 eine schematisch dargestellte Aufsicht auf ein Ausführungsbeispiel einer Zonenplatte.

Gleiche oder gleichwirkende Elemente sind in den Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

35

Der in Figur 1 dargestellte strahlungsdetektierende Halbleiterchip 2 enthält jeweils zwei n-dotierte Bereiche 4, 6 und

P2003,0796 WO R

6

p-dotierte Bereiche 3, 5, die beispielsweise in dem Grundmaterial Silizium ausgebildet sind. Die Übergangsbereiche zwischen den p-dotierten und den n-dotierten Bereichen fungieren als strahlungsempfindliche Zonen 7, 8, 9. Die elektrische Kontaktierung und Verschaltung des Halbleiterbauelements kann beispielsweise in einer Kontaktierungsebene 19 durch metallische Leiterbahnen 16 erfolgen.

Auf den Halbleiterchip 2 einfallende elektromagnetische Strahlung 17 wird durch eine Zonenplatte 1 in die strahlungsempfindlichen Zonen 7, 8, 9 fokussiert. Durch diese Fokussierung wird einerseits die Empfindlichkeit des Bauelements erhöht und andererseits durch Ausnutzung des Farbfehlers der Zonenplatte (chromatische Aberration) eine Farbempfindlichkeit erreicht. Im Gegensatz zu einer Linse nimmt bei einer Zonenplatte die Brennweite mit zunehmender Wellenlänge des Lichts ab. Eine wellenlängenselektive Strahlungsdetektion kann deshalb dadurch erreicht werden, dass in der Einfallsrichtung des Lichts 17 mehrere strahlungsempfindliche Zonen 7, 8, 9 hintereinander angeordnet sind, wobei die strahlungsempfindlichen Zonen für kürzere Wellenlängen denen für längere Wellenlängen nachgeordnet sind.

Zum Beispiel enthält der Halbleiterchip 2 eine strahlungsempfindliche Zone 7 in der Fokalebene 11 für rotes Licht, eine in der Richtung des einfallenden Lichts 17 nachfolgende zweite strahlungsempfindliche Zone 8 in der Fokalebene 12 für grünes Licht und nachfolgend eine dritte strahlungsempfindliche Zone 9 in der Fokalebene 13 für blaues Licht. In diesem Beispiel ist also ein Strahlungsdetektor für die drei Primärfarben realisiert. Im Rahmen der Erfindung ist auch eine andere Anzahl strahlungsdetektierender Bereiche und eine andere Auswahl zu detektierender Wellenlängenbereiche bzw. Farben möglich.

35

Die Zonenplatte 1 ist bevorzugt ein integraler Bestandteil des Halbleiterchips 2. Beispielsweise folgt innerhalb des

P2003,0796 WO N

7

Halbleiterchips auf die Kontaktierungsebene 19, in der die metallischen Leiterbahnen 16 ausgebildet sind, eine dielektrische Schicht 18, auf die eine metallische oder dielektrische Schicht aufgebracht ist, in der durch eine photolithographische Strukturierung die Struktur der Zonenplatte 1 ausgebildet ist. Die Zonenplatte 1 weist eine Struktur konzentrischer Ringe auf, die abwechselnd Bereiche 14, 15 aus verschiedenen Materialien enthält. Die Bereiche 14, 15 können entweder aus Materialien mit verschiedenen Brechungsindizes  $n_1$  und  $n_2$  oder aus jeweils einem absorbierenden und einem transparenten Material gebildet sein. Die Zonenplatte ist beispielsweise mit einer transparenten Schicht 21 abgedeckt, die insbesondere zum Schutz der Zonenplatte dient. Sie kann alternativ aber auch an der Oberfläche des Halbleiterchips 2 ausgebildet sein.

Die Schichten, aus denen die Kontaktierungsebene 19 und die Zonenplatte 1 ausgebildet sind, sowie die dazwischenliegende dielektrische Schicht 18 sind vorteilhaft Bestandteile der Schichtstruktur eines integrierten Schaltkreises. Da integrierte Schaltkreise eine Schichtenfolge aus metallischen und dielektrischen Schichten enthalten, ist die Zonenplatte 1 vorteilhaft in einer der bereits vorhandenen Schichten mit einem in der Halbleitertechnik üblichen Prozeß, beispielsweise photolithographisch hergestellt. Der Herstellungsaufwand wird dadurch vorteilhaft reduziert.

Ein weiterer Vorteil der Integration der Zonenplatte 1 in den Halbleiterchip 2 ist, dass im Vergleich zur Montage einer separat hergestellten Zonenplatte kein weiterer Aufwand für die Justierung anfällt. Insbesondere wird durch die integrierte Bauweise eine Dejustierung der Zonenplatte 1, durch die sich die Fokalebene 11, 12, 13 relativ zu den strahlungsempfindlichen Zonen 7, 8, 9 verschieben könnten, verhindert.

35

Eine schematisch dargestellte Aufsicht auf eine Fresnelsche Zonenplatte 1, die 7 Zonen enthält und für eine Brennweite

P2003,0796 WO N

8

von 3  $\mu\text{m}$  bei einer Wellenlänge von 550 nm berechnet wurde, zeigt Fig. 2. Der Durchmesser der Zonenplatte 1 beträgt in diesem Beispiel  $D = 12,32 \mu\text{m}$  und die Breite der äußersten Ringzone 307 nm.

5

Die Zonenplatte 1 kann entweder eine Amplituden-Zonenplatte oder eine Phasen-Zonenplatte sein. Eine Amplituden-Zonenplatte enthält abwechselnd lichtundurchlässige Ringzonen 14 und lichtdurchlässige Ringzonen 15. Die lichtundurchlässigen Ringzonen 14 enthalten beispielsweise ein Metall und die lichtdurchlässigen Ringzonen 15 ein Dielektrikum. Alternativ können die lichtdurchlässigen Bereiche 15 auch frei von Material sein.

15 Die Zonenplatte 1 kann auch als Phasen-Zonenplatte ausgebildet sein. In diesem Fall enthält die Zonenplatte Ringzonen 14 aus einem Material mit dem Brechungsindex  $n_1$  und benachbarte Ringzonen 15 aus einem Material mit dem Brechungsindex  $n_2$ , die jeweils beide lichtdurchlässig sind.

20

Die beiden lichtdurchlässigen Materialien können beispielsweise ein Siliziumoxid und ein Siliziumnitrid sein. Diese Materialien haben den Vorteil, dass sie typischerweise in den Strukturen integrierter Schaltkreise enthalten sind. Die Herstellung der Zonenplatte läßt sich somit verhältnismäßig einfach in den Herstellungsprozeß eines integrierten Schaltkreises integrieren. Die Brechungsindizes dieser Materialien betragen beispielsweise bei der Wellenlänge  $\lambda = 550 \text{ nm}$   $n_{\text{SiO}_2} = 1,46$  und  $n_{\text{Si}_3\text{N}_4} = 2,05$ . Um einen Gangunterschied zwischen den Ringzonen 14, 15 aus diesen Materialien von einer Wellenlänge  $\lambda$  zu erzeugen, muß die Dicke  $d$  der Zonenplatte 1

30

$$d = \frac{\lambda}{n_{\text{Si}_3\text{N}_4} - n_{\text{SiO}_2}} = 932 \text{ nm}$$

35 betragen. Eine derartige Schichtdicke liegt in einem in der Halbleiterfertigung üblichen Bereich. Unter der Annahme, dass



P2003,0796 WO N

9

eine Amplituden-Zonenplatte etwa die Hälfte der einfallenden Strahlung absorbiert, ist die Intensität im Fokus einer Phasen-Zonenplatte vorteilhaft um ungefähr einen Faktor 4 größer als bei der Amplituden-Zonenplatte.

5

Tabelle 1:

$\lambda_0$ (nm)	D ( $\mu\text{m}$ )	$l_{\min}$ (nm)	f ( $\mu\text{m}$ ) $\lambda=850\text{nm}$	f ( $\mu\text{m}$ ) $\lambda=650\text{nm}$	f ( $\mu\text{m}$ ) $\lambda=550\text{nm}$	f ( $\mu\text{m}$ ) $\lambda=450\text{nm}$	f ( $\mu\text{m}$ ) $\lambda=300\text{nm}$
850	17,61	550	7	9,27	11,01	13,51	20,36
650	14,98	451	5,62	7	9,33	10,23	15,44
550	13,57	401	4,41	5,88	7	8,61	13,01
450	12,09	350	3,55	4,76	5,68	7	10,59
300	10,59	297	2,28	3,10	3,72	4,60	7

In der Tabelle 1 sind beispielhaft die Durchmesser D und die minimalen Strukturgrößen  $l_{\min}$ , die durch die Breite der äußersten Ringzone gegeben sind, für Zonenplatten angegeben, die jeweils für eine bestimmte Grundwellenlänge  $\lambda_0$  eine Brennweite von  $f_0 = 7 \mu\text{m}$  aufweisen. Die angegebenen Durchmesser D und minimalen Strukturgrößen  $l_{\min}$  gelten jeweils für Zonenplatten mit 5 Zonen. Weiterhin sind die aufgrund der chromatischen Aberration variierenden Brennweiten der jeweiligen Zonenplatten für verschiedene Wellenlängen im Bereich zwischen  $\lambda = 300 \text{ nm}$  und  $\lambda = 850 \text{ nm}$  angegeben.

Die Brennweite f einer Zonenplatte, die bei der Grundwellenlänge  $\lambda_0$  die Brennweite  $f_0$  aufweist, beträgt bei der Wellenlänge  $\lambda$ :

$$f = \frac{\lambda}{4} + \frac{4f_0\lambda_0 + \lambda_0^2}{4\lambda}$$

Für Wellenlängen  $\lambda$ , die kleiner als die Grundwellenlänge  $\lambda_0$  sind, nimmt die Brennweite der Zonenplatte zu, während sie für Wellenlängen oberhalb der Grundwellenlänge abnimmt. Für eine vorgegebene Brennweite  $f_0$  nimmt die minimale Strukturgröße  $l_{\min}$  der Zonenplatte mit abnehmender Grundwellenlänge  $\lambda_0$

P2003,0796 WO N

10

ab. Wie aus der Tabelle hervorgeht, beträgt sie beispielsweise  $l_{\min} = 550 \text{ nm}$  für  $\lambda_0 = 850 \text{ nm}$ , und  $l_{\min} = 297 \text{ nm}$  für  $\lambda_0 = 300 \text{ nm}$ .

5 Strukturen dieser Größe sind mit Photolithographie herstellbar. Beispielsweise wird zunächst eine Photolackschicht auf ein durchgehende Metallschicht aufgetragen, auf die anschließend eine Maske, die die Struktur der Zonenplatte enthält, projiziert wird. Vorzugsweise wird die Maske stark verkleinert auf den Photolack abgebildet, um zu vermeiden, dass die  
10 Maske bereits als Zonenplatte wirkt und so das zur Belichtung eingesetzte Licht fokussiert. Anschließend erfolgt das Entwickeln des Photolacks, wobei der Photolack zum Beispiel an den belichteten Stellen abgelöst wird, und nachfolgend ein Ätzen  
15 der Ringstruktur an den Stellen, die nicht mit dem Photolack bedeckt sind. Der Ätzprozeß kann insbesondere ein anisotroper Ätzprozeß sein. Die Zwischenräume zwischen den Ringzonen werden anschließend wahlweise mit einem Dielektrikum ausgefüllt oder bleiben frei.

20

Im Fall einer Phasen-Zonenplatte wird die Zonenplattenstruktur in ein erstes Dielektrikum geätzt und anschließend mit einem zweiten Dielektrikum aufgefüllt. Bei einer Zonenplatte an der Oberfläche eines Halbleiterchips können die Zwischenräume nach dem Ätzprozeß auch frei bleiben. Bevorzugt wird  
25 die Oberfläche anschließend planarisiert, beispielsweise durch chemisch-mechanisches Polieren (CMP).

Die Erläuterung der Erfindung anhand der Ausführungsbeispiele  
30 ist selbstverständlich nicht als Einschränkung auf diese zu verstehen. Vielmehr umfaßt die Erfindung die offenbarten Merkmale sowohl einzeln als auch in jeder Kombination miteinander, auch wenn diese Kombinationen nicht explizit in den Ansprüchen angegeben sind.

P2003,0796 WO N

## 11

## Patentansprüche

1. Optoelektronisches Bauelement mit einem Halbleiterchip  
(2), der mindestens eine strahlungsempfindliche Zone (7,  
5 8, 9) zur Detektion elektromagnetischer Strahlung (17)  
aufweist, und einem optischen Element zur Fokussierung  
der elektromagnetischen Strahlung (17) in die strahlungs-  
empfindliche Zone (7, 8, 9),  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s  
10 das optische Element ein diffraktives Element (1) ist,  
das Strukturen (14, 15) in der Größenordnung der Wellen-  
länge der elektromagnetischen Strahlung (17) aufweist.
2. Optoelektronisches Bauelement nach Anspruch 1,  
15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s  
das diffraktive Element (1) eine Zonenplatte ist.
3. Optoelektronisches Bauelement nach Anspruch 1 oder 2,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s  
20 das diffraktive Element (1) in den Halbleiterchip (2) in-  
tegriert ist.
4. Optoelektronisches Bauelement nach einem der Ansprüche 1  
bis 3,  
25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s  
die zu detektierende Strahlung (17) eine Wellenlänge zwi-  
schen 100 nm und 5  $\mu$ m aufweist.
5. Optoelektronisches Bauelement nach Anspruch 4,  
30 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s  
die zu detektierende Strahlung (17) Licht im sichtbaren  
Spektralbereich von etwa 400 nm bis 800 nm ist.
6. Optoelektronisches Bauelement nach einem der vorhergehen-  
35 den Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s  
der Abstand zwischen dem diffraktiven Element (1) und

P2003,0796 WO N

12

einer strahlungsempfindlichen Zone (7, 8, 9) weniger als 20 µm beträgt.

7. Optoelektronisches Bauelement nach einem der Ansprüche 2 bis 6,

dadurch gekennzeichnet, dass Strahlung mit der Wellenlänge  $\lambda$  in einer strahlungsempfindlichen Zone (7, 8, 9) in einem Abstand R von der Zonenplatte (1) detektiert wird, wobei die Zonenplatte (1) einen Durchmesser D aufweist, und für die Fresnelzahl F der Zonenplatte (1) gilt:

$$F = (D^2 / \lambda R) > 1$$

8. Optoelektronisches Bauelement nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennweite der Zonenplatte (1) für Strahlung mit der Wellenlänge 550 nm zwischen 1 µm und 20 µm beträgt.

20

9. Optoelektronisches Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Halbleiterchip (2) mehrere strahlungsempfindliche Zonen (7, 8, 9) aufweist, wobei die strahlungsempfindlichen Zonen für kürzere Wellenlängen in Richtung der einfallenden Strahlung (17) denen für längere Wellenlängen nachgeordnet sind.

10. Optoelektronisches Bauelement nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die strahlungsempfindlichen Zonen (7, 8, 9) jeweils in Fokalebene(n) (11, 12, 13) des diffraktiven Elements (1) für eine Farbe angeordnet sind.

35

P2003,0796 WO N

## 13

11. Optoelektronisches Bauelement nach Anspruch 10,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
der Halbleiterchip (2) drei strahlungsempfindliche Zonen  
enthält (7, 8, 9), die in Fokalebene(n) (11, 12, 13) des  
5 diffraktiven Elements (1) für jeweils eine der Primärfar-  
ben Rot, Grün und Blau angeordnet sind.
12. Optoelektronisches Bauelement nach einem der vorherge-  
henden Ansprüche,  
10 dadurch gekennzeichnet, dass  
das diffraktive Element (1) durch die Strukturierung ei-  
ner auf den Halbleiterchip (2) aufgebrachten oder in dem  
Halbleiterchip (2) enthaltenen Schicht hergestellt ist.
- 15 13. Optoelektronisches Bauelement nach Anspruch 12,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die strukturierte Schicht eine Metallschicht ist.
14. Optoelektronisches Bauelement nach einem der Ansprüche 2  
20 bis 13,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Zonenplatte (1) als Phasen-Zonenplatte aus zwei  
transparenten Materialien (14, 15) mit unterschiedlichen  
Brechungsindizes  $n_1$  und  $n_2$  ausgebildet ist.
- 25 15. Optoelektronisches Bauelement nach Anspruch 14,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
eines der beiden Materialien ein Siliziumoxid und das  
zweite der Materialien ein Siliziumnitrid enthält.
- 30 16. Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Bau-  
elements nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
das diffraktive optische Element (1) durch eine Strukturi-  
35 rierung einer auf den Halbleiterchip (2) aufgebrachten o-  
der in dem Halbleiterchip (2) enthaltenen Schicht herge-  
stellt wird.

P2003,0796 WO N

14

17. Verfahren nach Anspruch 16,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s  
der Halbleiterchip (2) einen integrierten Schaltkreis  
enthält.

5

18. Verwendung einer Zonenplatte (1) zur Fokussierung  
und/oder Wellenlängenselektion elektromagnetischer Strah-  
lung (17) in eine oder mehrere strahlungsempfindliche Zo-  
nen (7, 8, 9) eines strahlungsdetektierenden Halbleiter-  
chips (2).

10

P2003,0796 WO N

15

### Zusammenfassung

Bei einem strahlungsdetektierenden optoelektronischen Bauelement mit einem Halbleiterchip (2), der eine oder mehrere  
5 strahlungsempfindliche Zonen (7, 8, 9) zur Detektion elektromagnetischer Strahlung (17) aufweist, erfolgt die Fokussierung der elektromagnetischen Strahlung (17) in die strahlungsempfindlichen Zonen (7, 8, 9) durch ein diffraktives Element (1), das vorzugsweise in den Halbleiterchip (2) integriert  
10 ist. Das diffraktive Element (1) kann insbesondere eine Zonenplatte sein.

Figur 1

P2003,0796 WO N

1/1

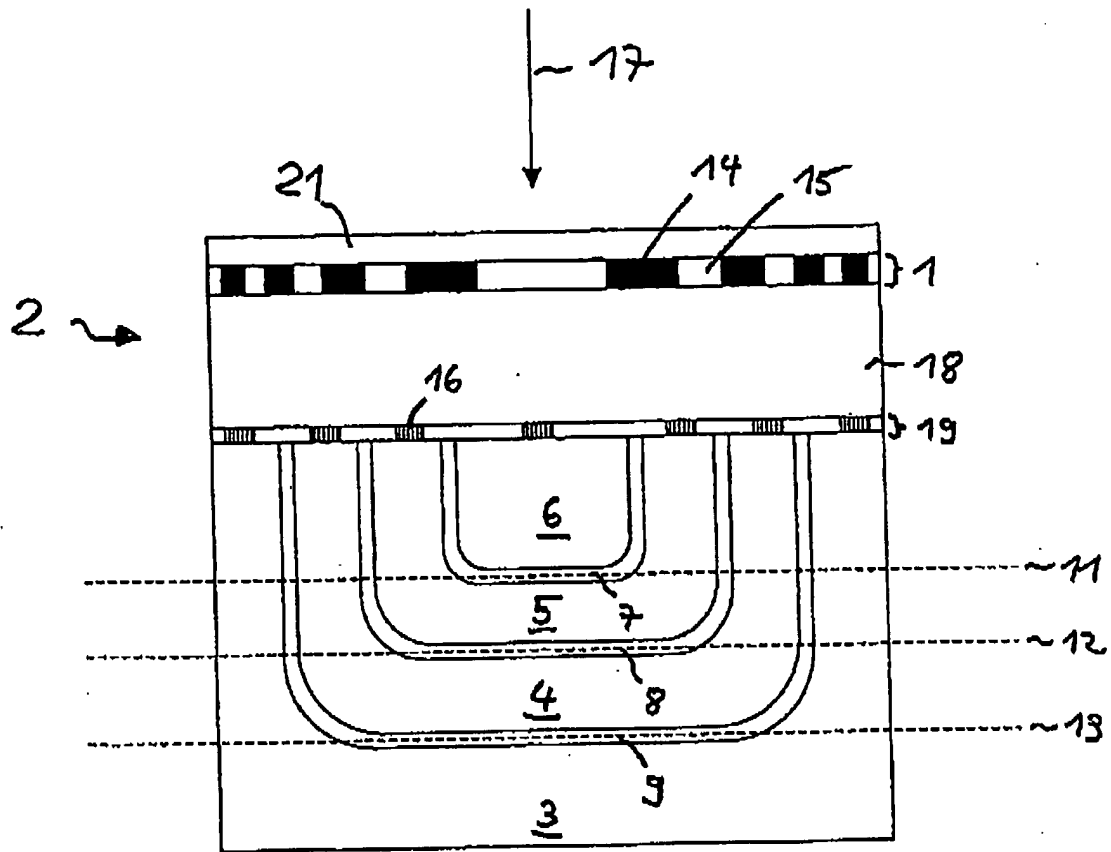


Fig. 1

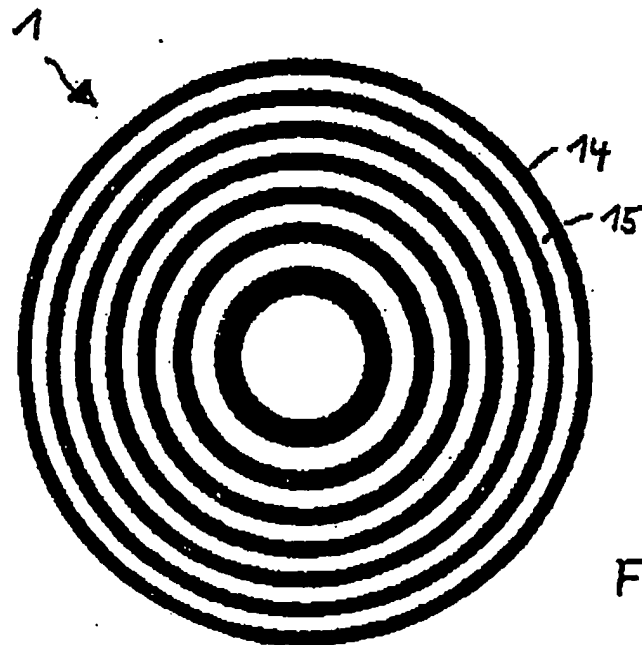


Fig. 2



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**